Геосферы планеты Земля и проблемы устойчивого развития

Атмосфера

Гидросфера

Литосфера

Биосфера

Кузнецов Владимир Алексеевич, профессор кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития»

Основная литература

Н.П. Тарасова., В.А. Кузнецов . Химия окружающей среды. Атмосфера.

Н.П. Тарасова., В.А. Кузнецов и др. Задачи и вопросы по химии окружающей среды.

ЦЕЛИ в области устойчивого развития

Атмосфера.

Строение.
Состав.
Физико-химические процессы в атмосфере.

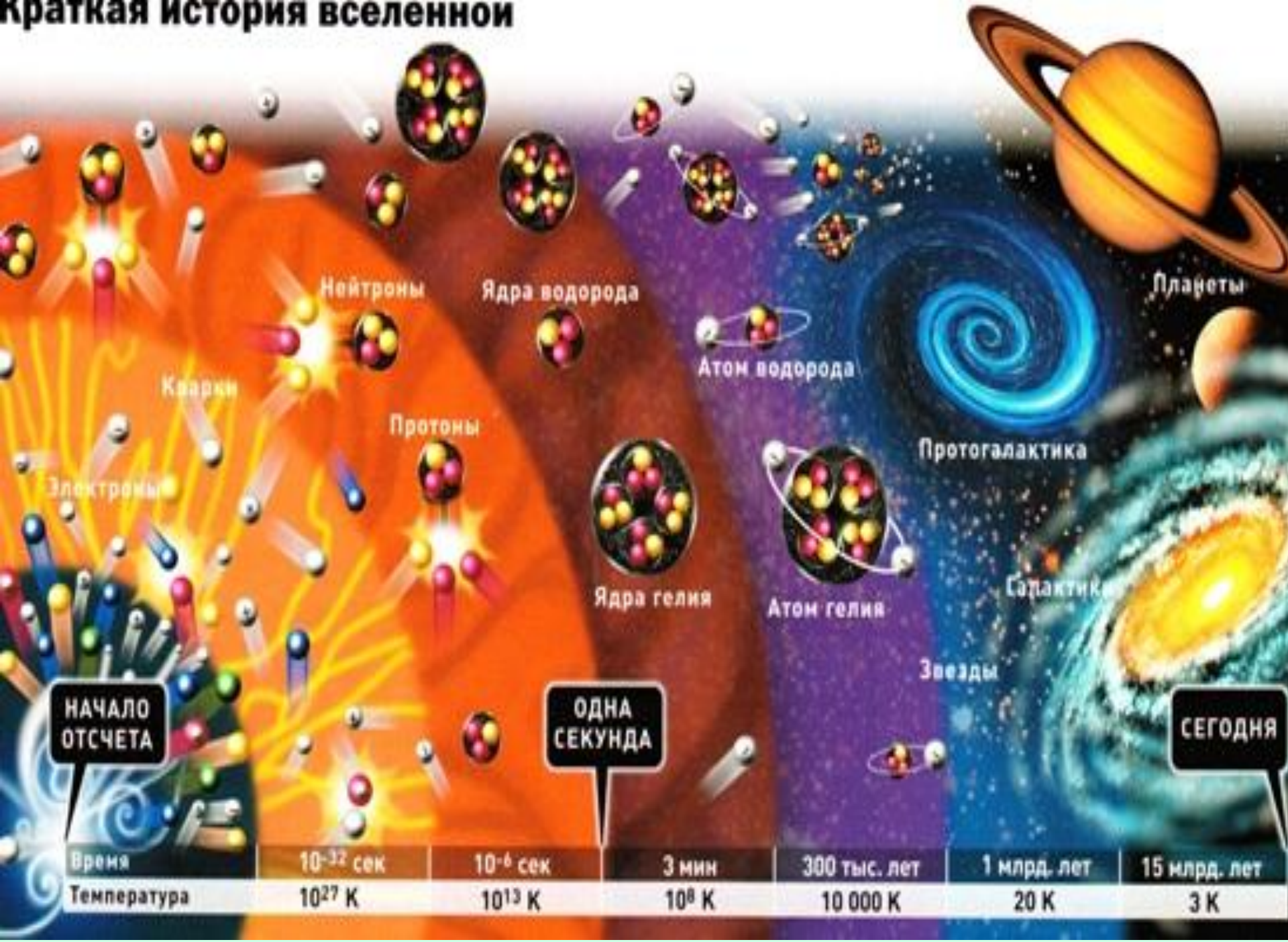
Межфакультетский учебный курс

Общая астрономия

доцент, к.ф.-м.н. Владимир Георгиевич Сурдин

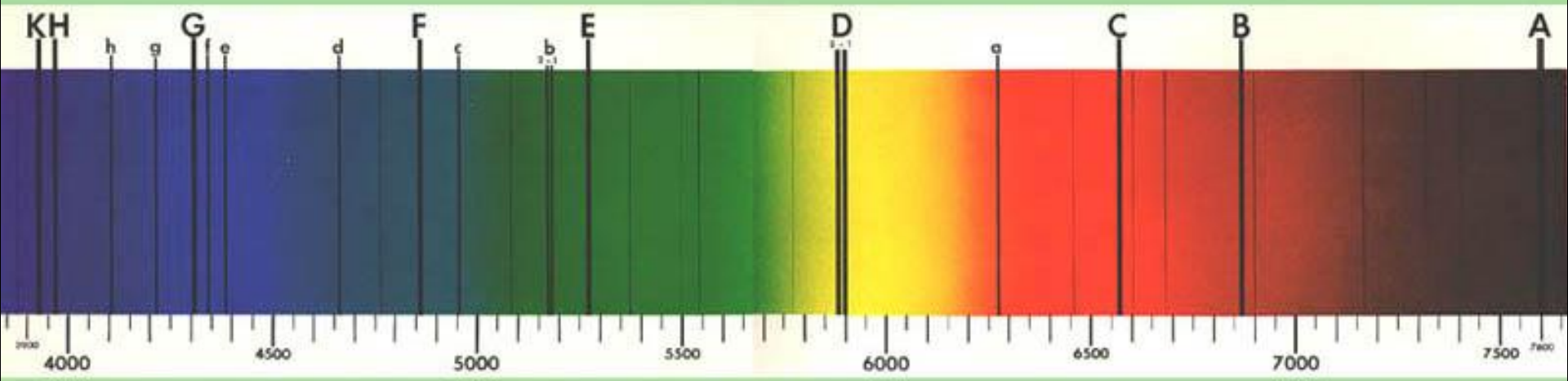
Лекция 2 - Состав Вселенной

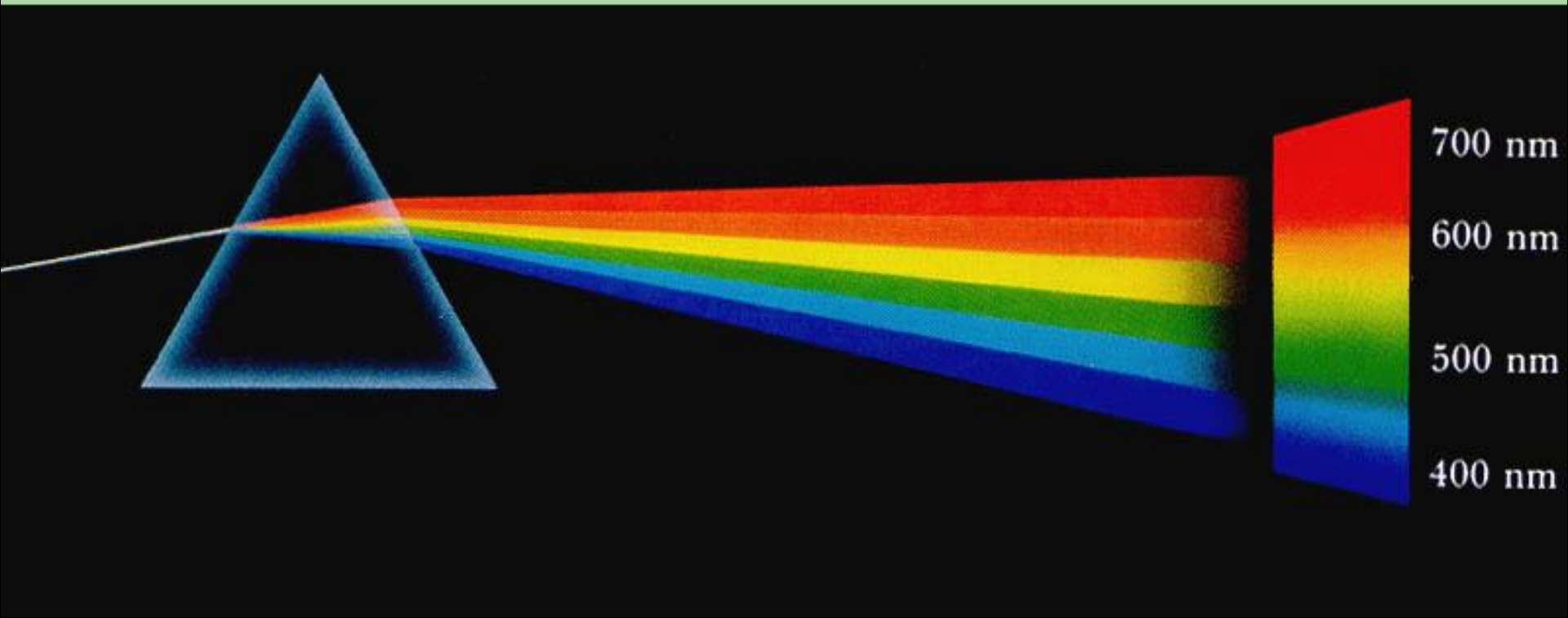
Краткая история вселенной



What The Universe Is Made Of

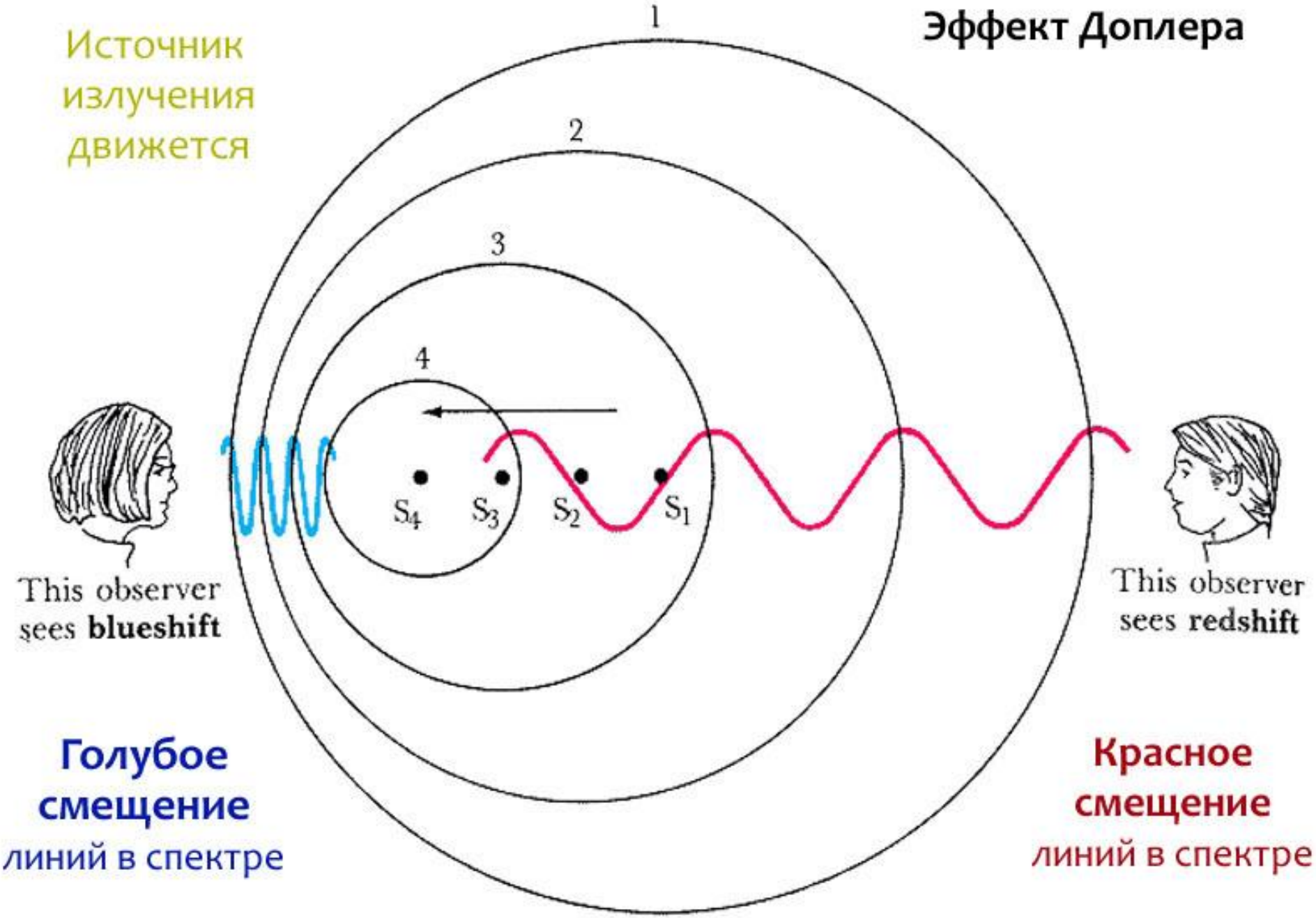
Оптический спектр типичной звезды





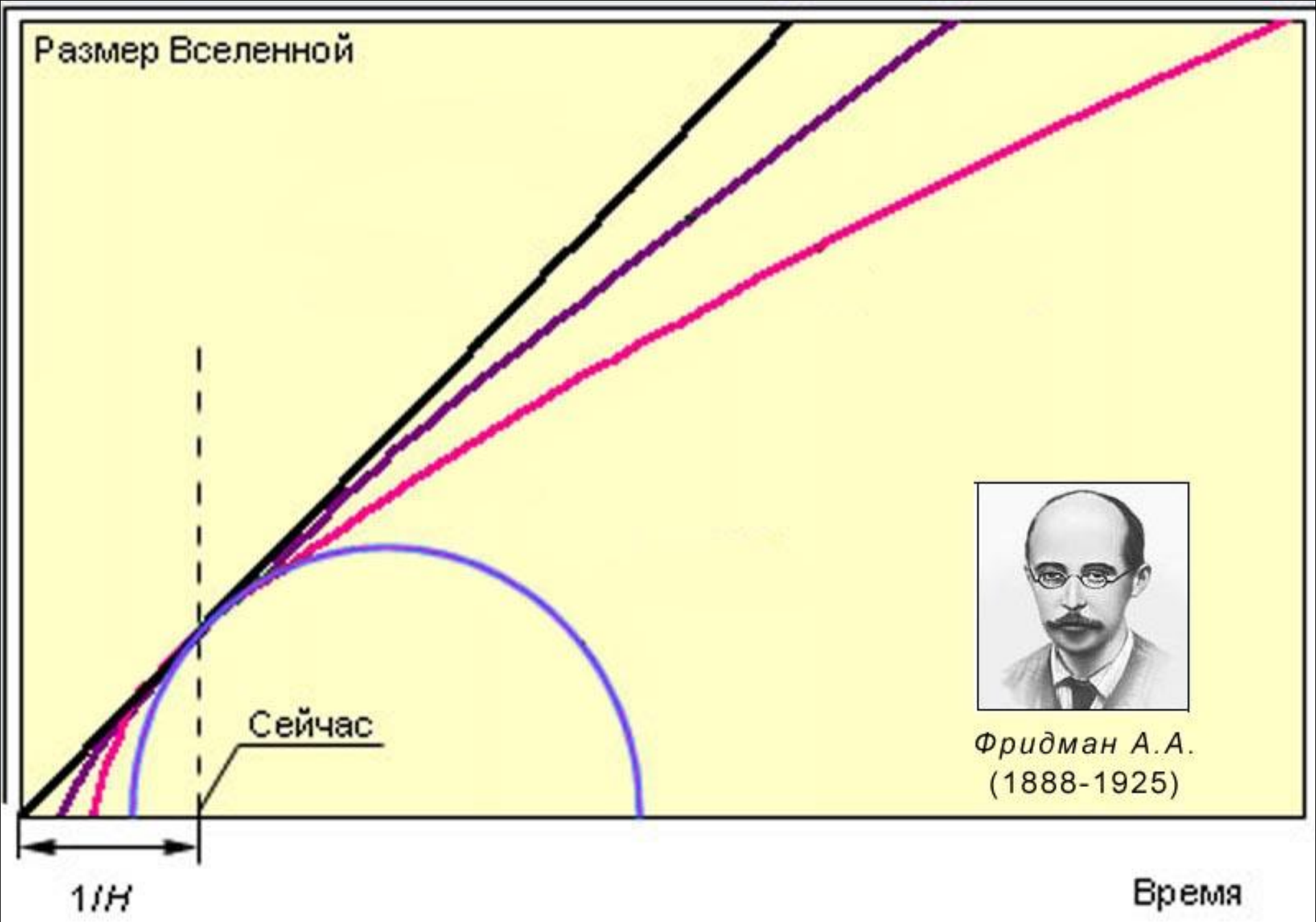
Эффект Доплера

Источник излучения движется



Голубое смещение линий в спектре

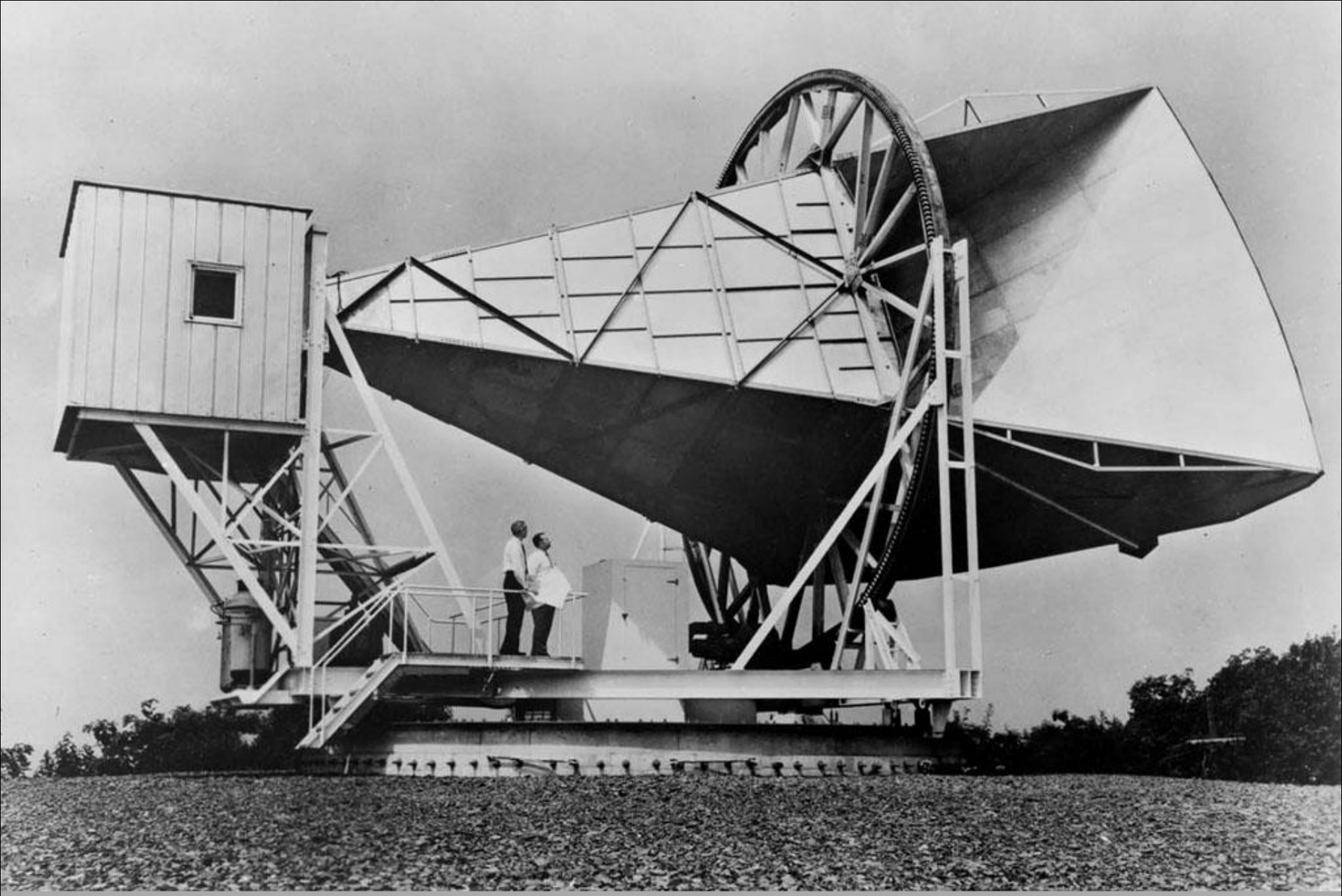
Красное смещение линий в спектре



Изменение масштабного фактора со временем

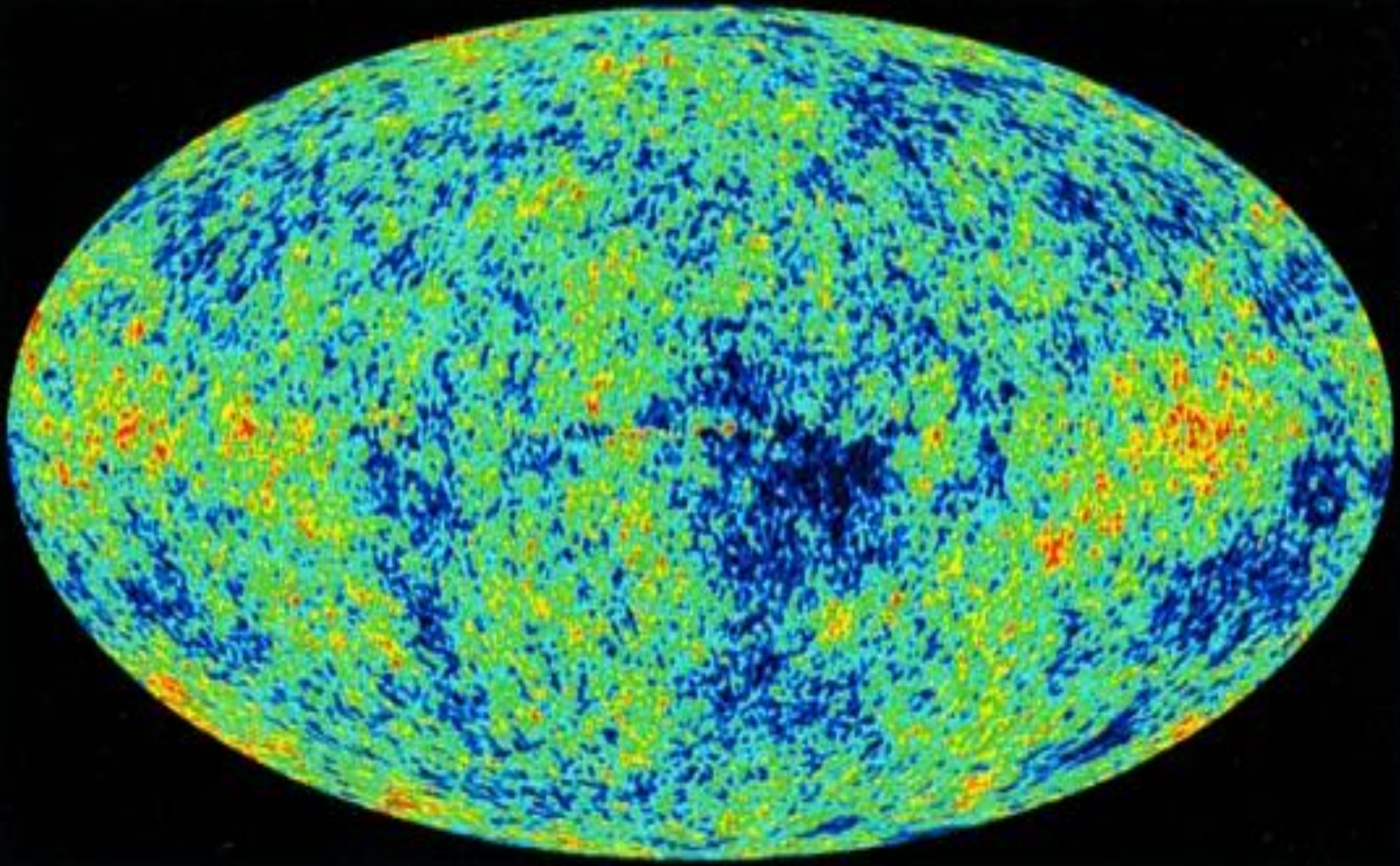
Реликтовое излучение

Первое подтверждение факта взрыва пришло в 1964 году, когда американские радиоастрономы Р. Вильсон и А. Пензиас обнаружили реликтовое электромагнитное излучение с температурой около 3° по шкале Кельвина (-270°С). Именно это открытие, неожиданное для ученых, убедило их в том, что Большой взрыв действительно имел место и поначалу Вселенная была очень горячей.



Рупорная антенна, с которой в 1965 г. было открыто реликтовое излучение

Bell Labs, Holmdel, New Jersey. Арно Пензиас и Роберт Вилсон (Ноб.премия 1978)



- 13,7 млрд лет назад – Большой взрыв
- Через 400 000 лет – атомы (водород, гелий, литий)
- Через 1 млрд лет – звезды первого поколения, галактики
- Через 3 млрд лет – звезды второго поколения
- Около 4,6 млрд лет назад – наша Солнечная система

Вопросы к теории

Что было до Большого взрыва?

Что привело к начальному нагреву Вселенной до невообразимой температуры более 10^{13} К?

Теория Большого взрыва

- 3. Химический состав Вселенной: ¾ водорода, ¼ гелия и 1% другие элементы (по спектрам звезд и межзвездного газа). Тяжелые элементы образовались внутри звезд. И при их взрыве попадают в межзвездное пространство. Преобладание водорода позволило предсказать реликтовое излучение.

PPt4WEB.ru

Атмосфера

В переводе с греческого

ατμός — «пар» σφαῖρα — «сфера»

Газовая оболочка небесного тела, удерживаемая около него гравитацией.

Атмосферой принято считать область вокруг небесного тела, в которой газовая среда вращается вместе с ним как единое целое

Состав атмосферы вблизи земной поверхности

Концентрация квазипостоянных компонентов, % об.		Концентрация “активных” примесей, % об.	
N_2	**78,11 ± 0,004**	H_2O	0 – 7
O_2	**20,95 ± 0,001**	CO_2	0,01 – 0,1 (среднее 0,04)
Ar	**0,934 ± 0,001**		
Ne	$(18,18 \pm 0,04) \cdot 10^{-4}$	Общее количество O_3	$0 – 10^{-4}$ (среднее $3 \cdot 10^{-5}$)
He	$(5,24 \pm 0,04) \cdot 10^{-4}$		
Kr	$(1,14 \pm 0,01) \cdot 10^{-4}$	SO_2	$0 – 10^{-4}$
Xe	$(0,087 \pm 0,01) \cdot 10^{-4}$	CH_4	$1,6 \cdot 10^{-4}$
H_2	$0,5 \cdot 10^{-4}$	NO_2	$2 \cdot 10^{-6}$

Способы выражения концентрации примесей в воздухе

Объемная доля – а

$a = v / V$,

где v – объем примеси, V – объем газа, в котором она находится.

% об. = $a * 100$

ppm = млн $^{-1}$ = $a * 10^6$

ppb = млрд$^{-1}$ = $a * 10^9$

Количество молекул в каждом кубическом сантиметре воздуха

N_o (Молекул /см^3) = N см$^{-3}$

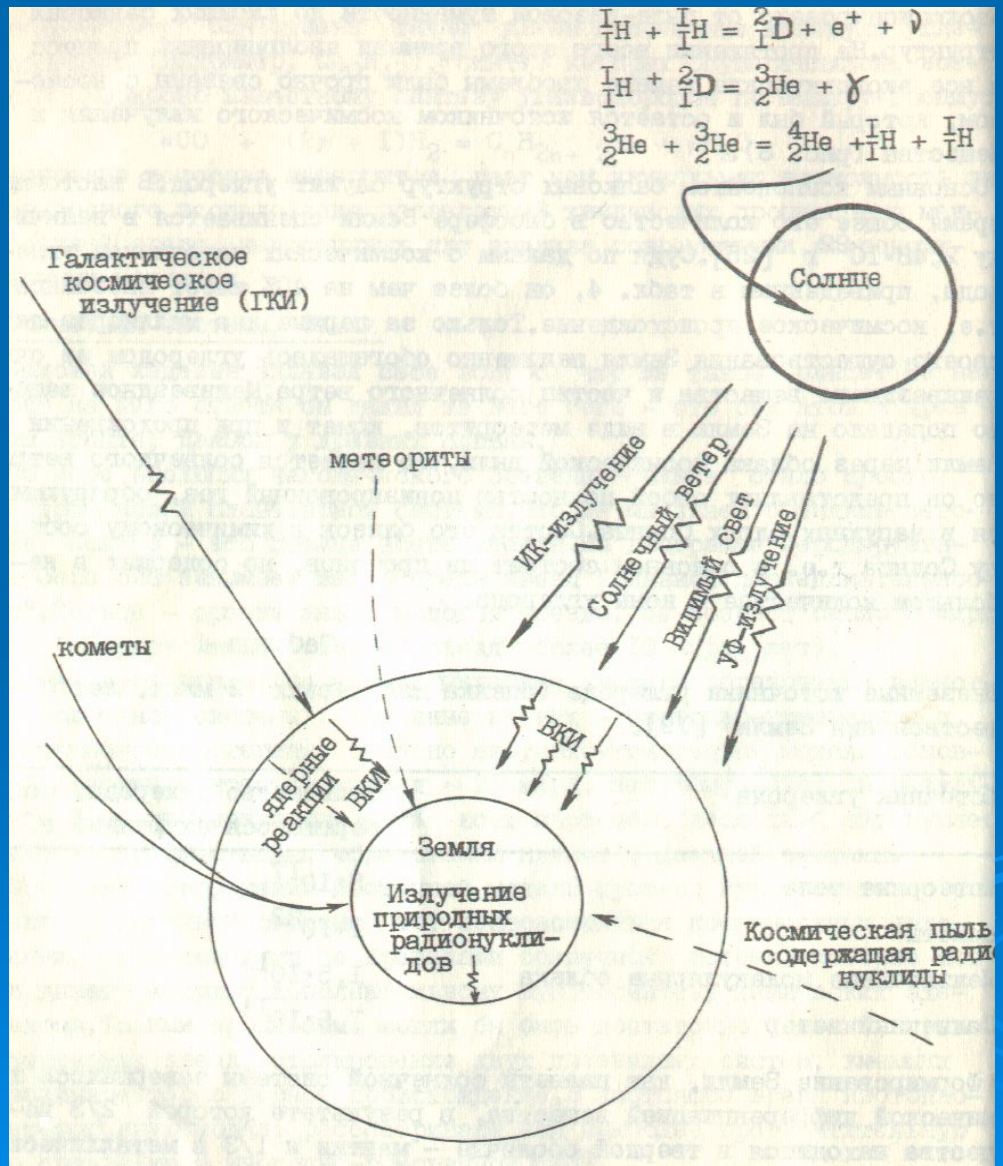
При нормальных условиях
(T_o = 273°К, P_o = 1 атм. = 101,3 кПа = 760 мм.рт. ст.)

$N_o = 6{,}02*10^{23}/22{,}4*10^3 = 2{,}69*10^{19}$ см$^{-3}$

При других условиях
$N_i = N_o*T_o*P_i/T_i*P_o$

$n_{ji} = N_i * a_j$

Земля и ее космические связи



ФОТОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

На первом этапе фотохимической реакции поглощение фотона приводит к возбуждению молекулы:

A + hv = A*,

где A - молекула в возбужденном состоянии.*

Следующий этап фотохимической реакции может протекать по одному из пяти возможных направлений.

Молекула возвращается в первоначальное состояние в результате процесса флюоресценсии:

A*= A + hv

Молекула диссоциирует:

A*= B + C

Молекула вступает в химическую реакцию:

$$A^* + B_1 = D + F$$

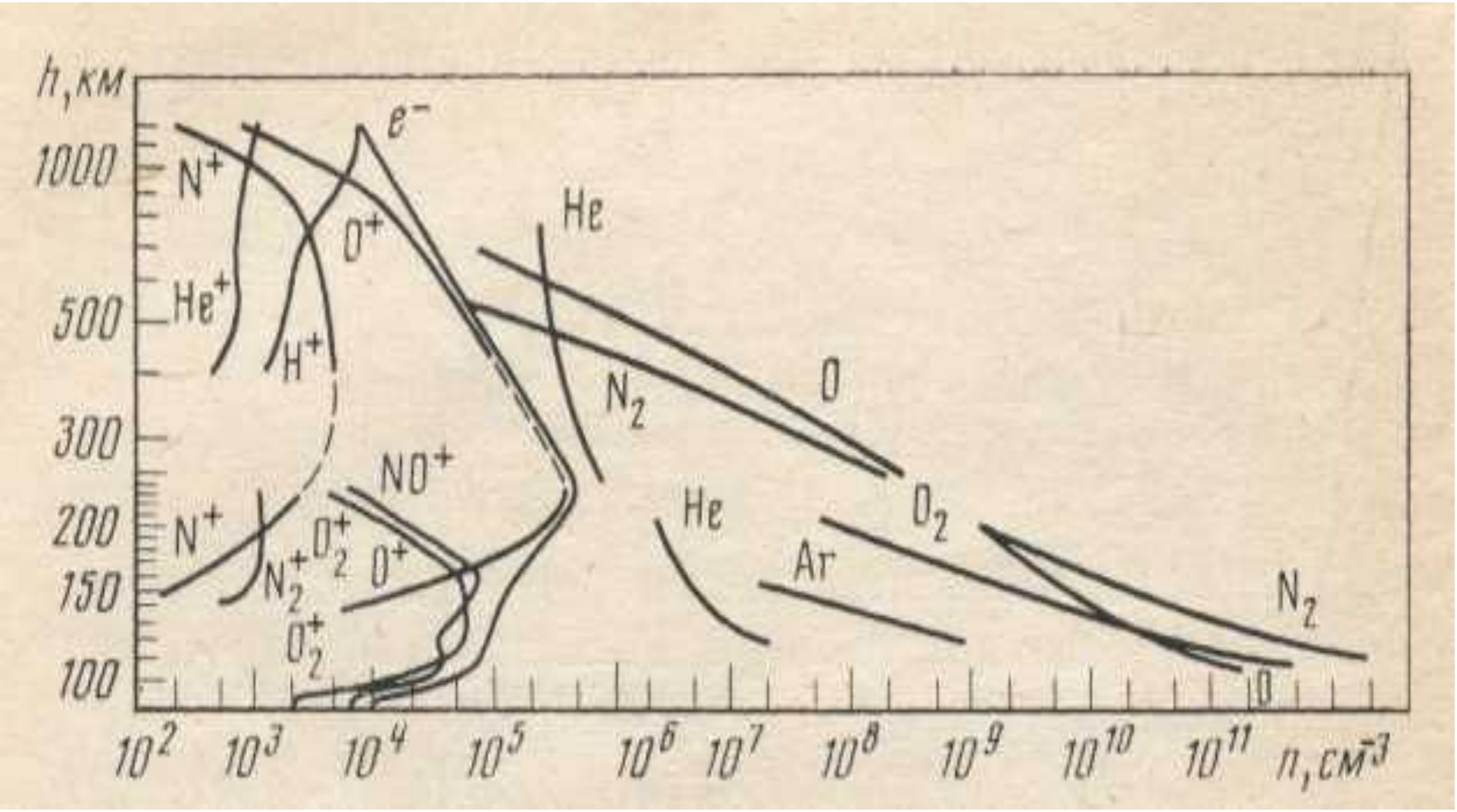
Молекула отдает избыточную энергию в результате столкновения и дезактивации:

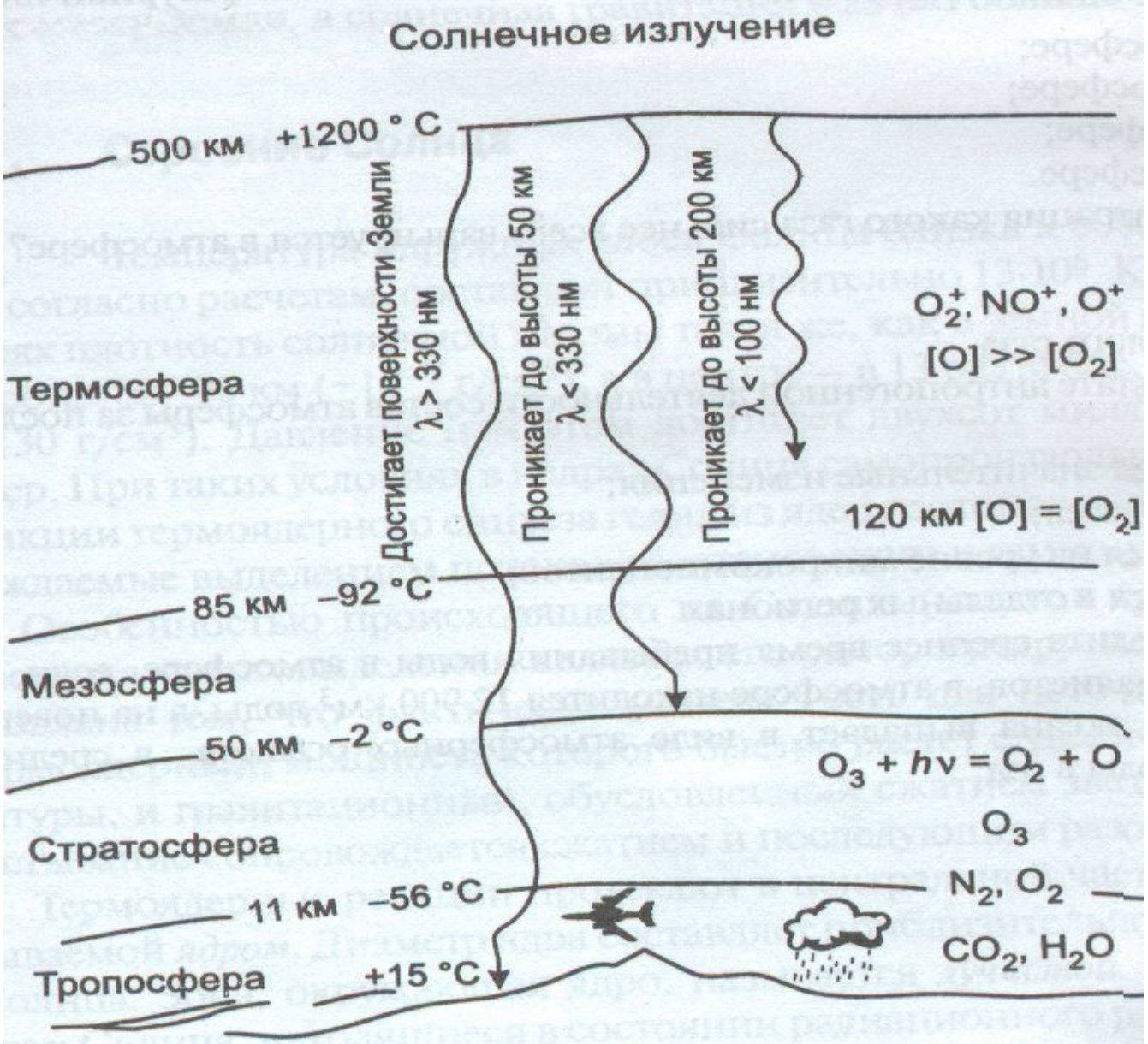
A* + M = A + M*

Молекула подвергается ионизации:

$$A^* = A^+ + e^-$$

Изменение концентрации ионов в ионосфере Земли





Строение атмосферы

Характеристика основных зон, выделяемых в атмосфере

Зона атмосферы	Температура, ^{0}С		Температур-ный градиент, ^{0}С/км	Нижняя и верхняя граница от уровня моря, км
	нижняя граница зоны	верхняя граница зоны		
Тропосфера	15	-56	-6,45	0-11
Стратосфера	-56	-2	+1,38	11-50
Мезосфера	-2	-92	-2,56	50-85
Термосфера	-92	1200	+3,11	85-500

- Содержание озона в атмосфере в начале прошлого века начали измерять в специальных "единицах Добсона" (еД, DU).

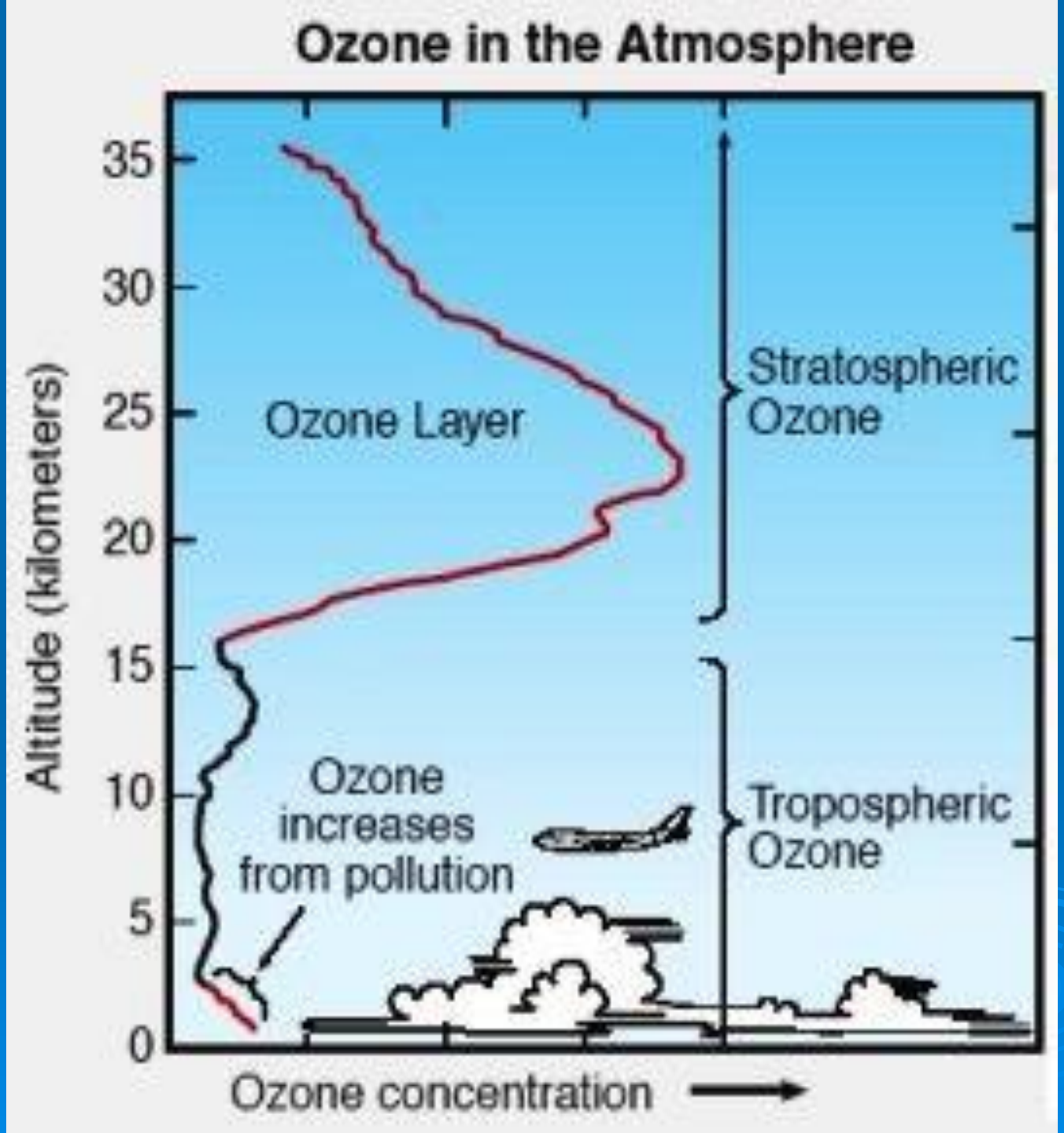
- еД - толщине слоя озона, собранного из всей атмосферы над наблюдателем.

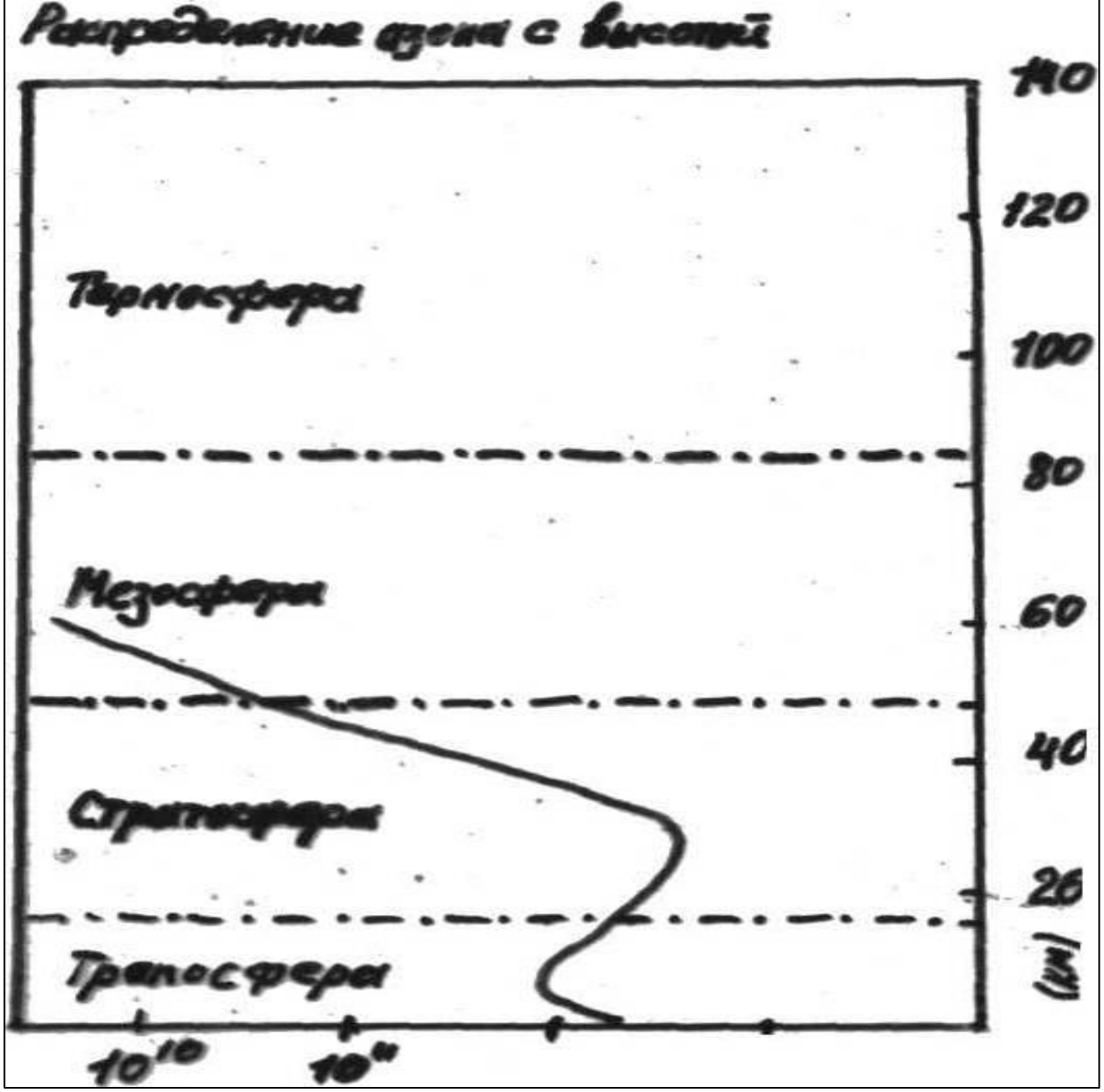
- 1 еД = 10^{-5} м.

Среднее количество озона в атмосфере составляет 300 ЕД., что соответствует толщине слоя - 3 мм.

- Основная масса озона сосредоточена в слое 15 - 35 км
- с максимумом концентрации в слое
- 20 - 25 км

- Даже в самом озоновом слое только одна молекула из 100 000 является молекулой озона.


Ozone in the Atmosphere
Altitude (kilometers)
35
30
25
20
15
10
5
0
Ozone Layer
Stratospheric Ozone
Ozone increases from pollution
Tropospheric Ozone
Ozone concentration


Распределение озона с высотой
140
120
100
80
60
40
20
(км)
Термосфера
Мезосфера
Стратосфера
Тропосфера
10^{10}
10^{11}

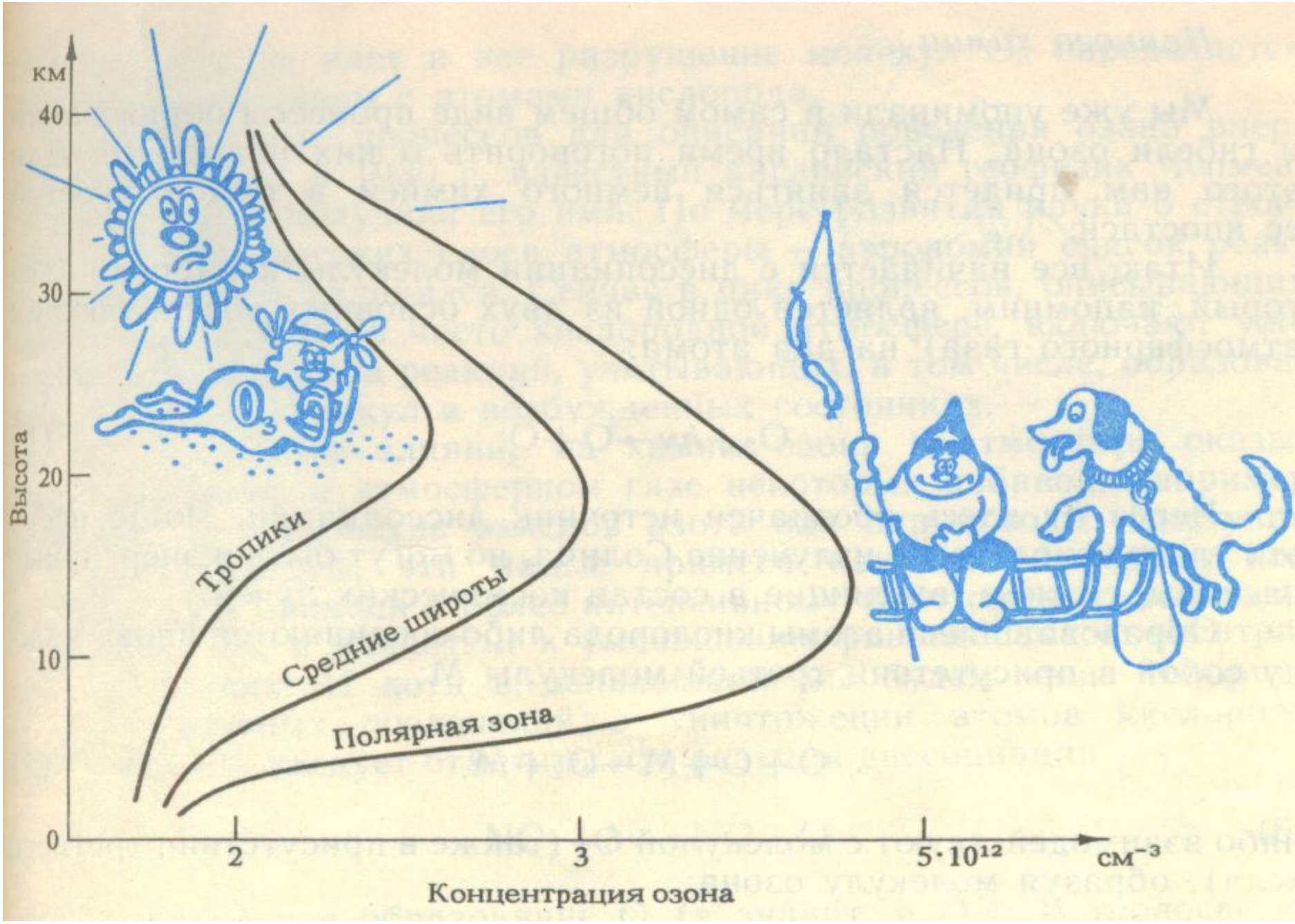
Озон (О3) – аллотропная модификация кислорода.

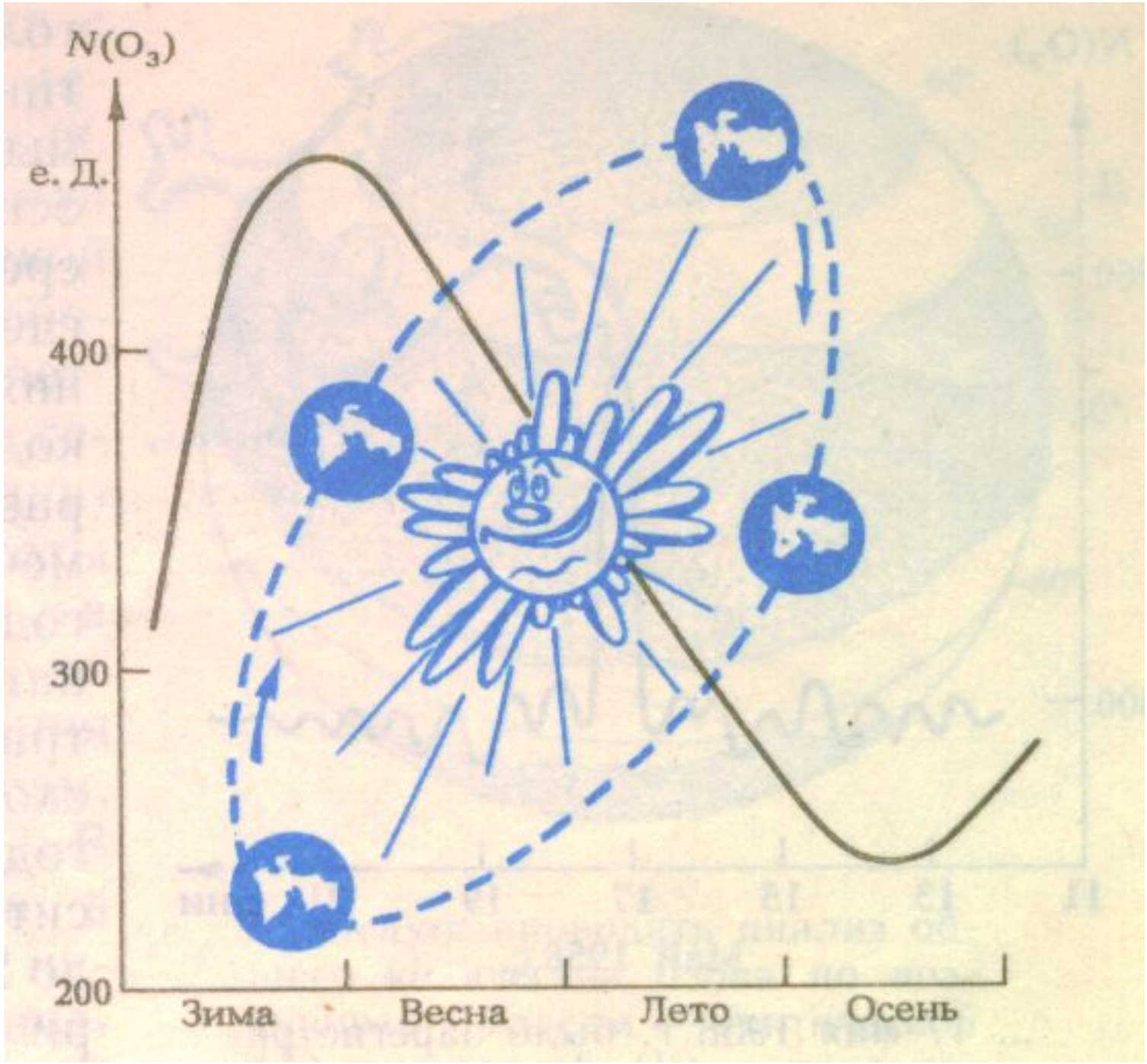
Общая масса озона в атмосфере оценивается примерно в 3,3 млрд. т.

Это высокотоксичный газ, токсичность его примерно на порядок превышает токсичность диоксида серы.

Поэтому дышать озоном нельзя, и его присутствие в воздухе тропосферы, даже в сравнительно небольших количествах, представляет опасность для всего живого.

Важной особенностью озона является его способность поглощать излучение:


км
40
30
20
10
0
Высота
Тропики
Средние широты
Полярная зона
2
3
5·10¹²
см⁻³
Концентрация озона


N(O3)
е. Д.
400
300
200
Зима
Весна
Лето
Осень

Ультрафиолет – излучение с длиной волны $10 \leq \lambda \leq 400$ нм,

- Ультрафиолет С с длиной волны

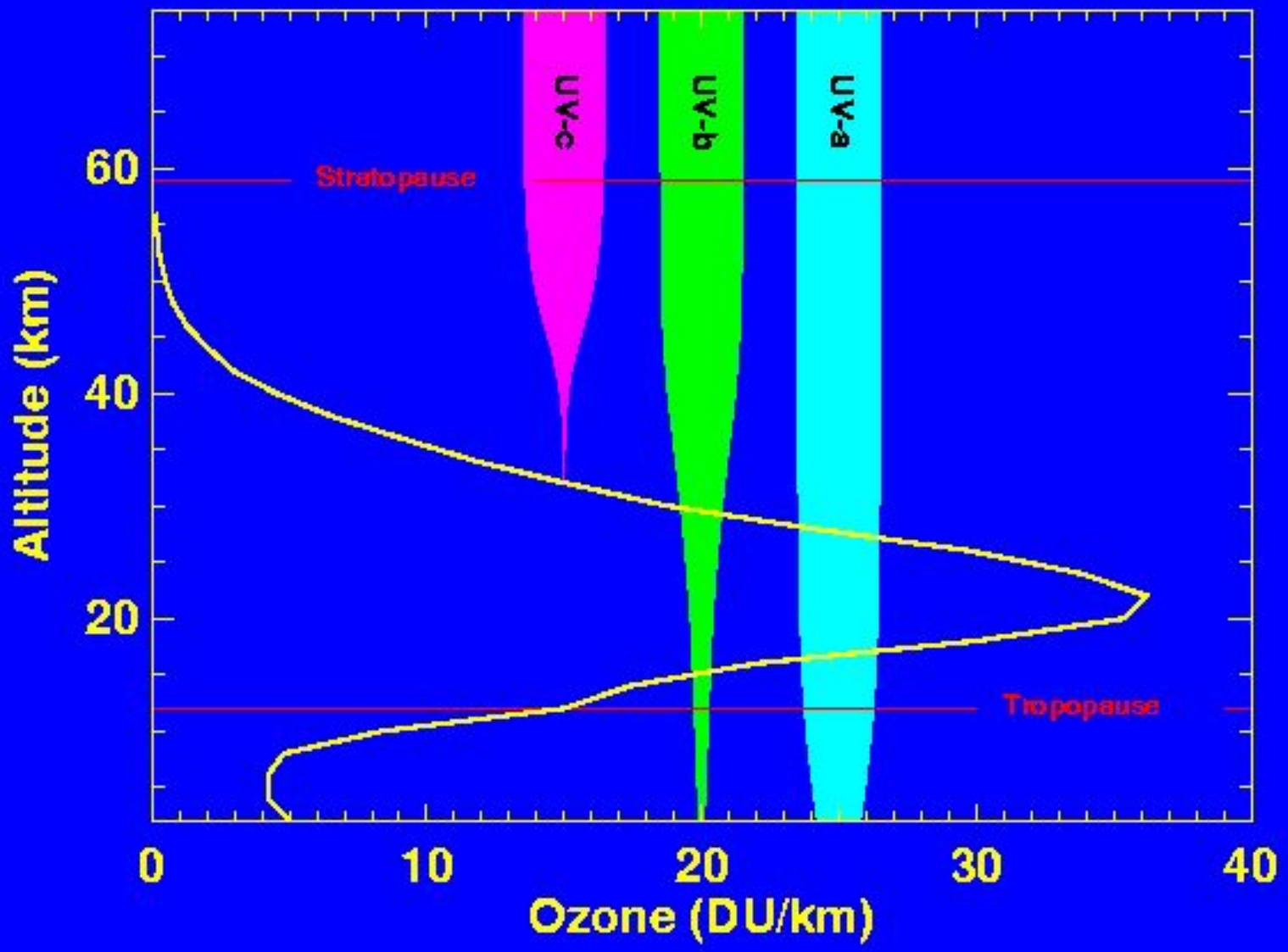
$200 \leq \lambda$ - вакуумный, задерживается на высоте около 50 км

ультрафиолет В - излучение с длиной волны $200 \leq \lambda \leq 320$ нм,

ультрафиолет А – излучение с длиной волны $320 \leq \lambda \leq 400$ нм,

Строение клеток

Растительная клетка Животная клетка Грибная клетка

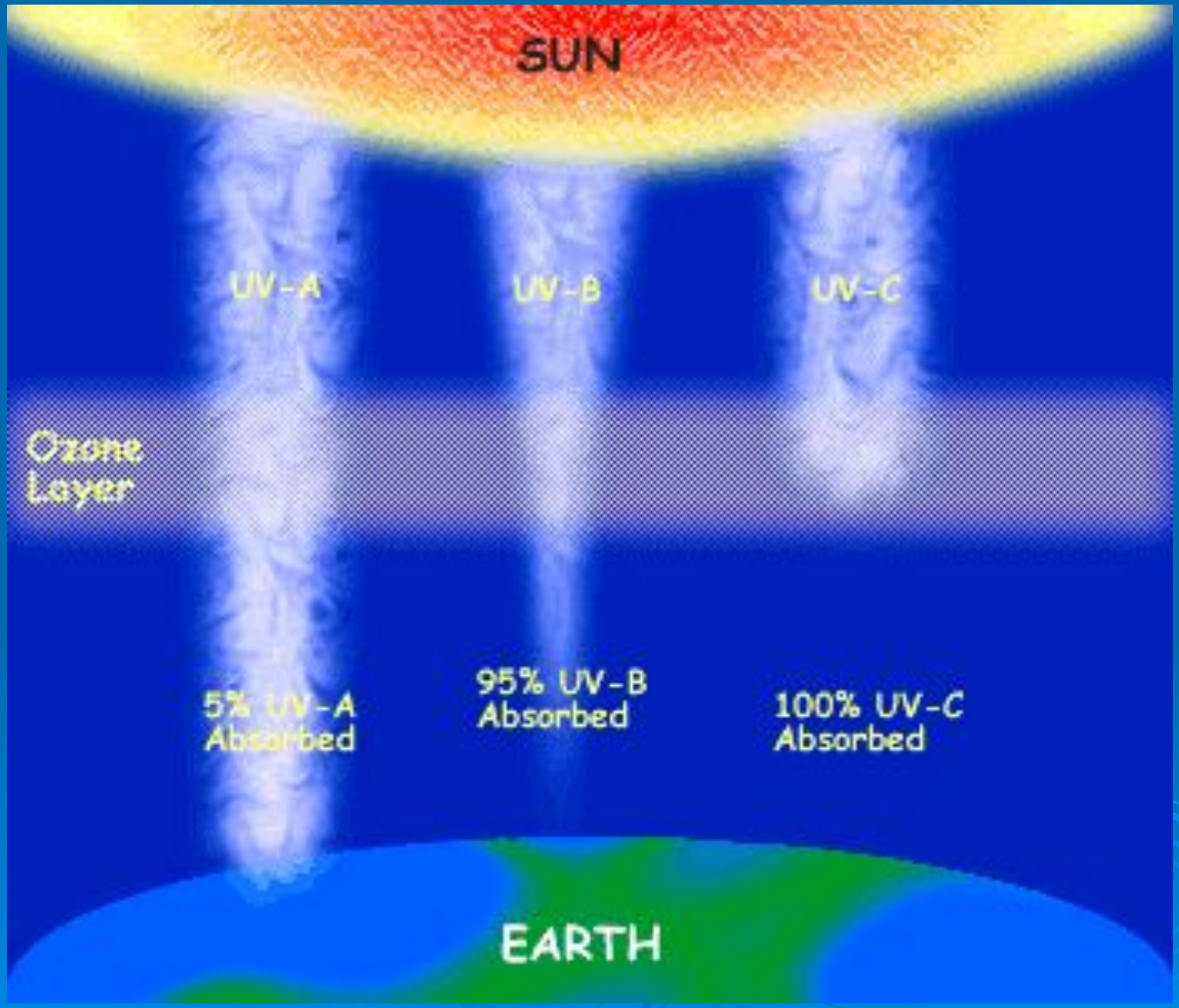

UV-C
UV-B
UV-A
Stratopause
Tropopause
Altitude (km)
60
40
20
0
10
20
30
40
Ozone (DU/km)

1 нм = 10 Å
1А = 0,1 нм

- Стратосферный озон поглощает ультрафиолетовое излучение в диапазоне волн 200–320 нм (UV-B)
- В результате при истощении озонового слоя возрастает именно UV-B излучение.

Уменьшение плотности озонового слоя на 10%

- (сегодняшняя ситуация) приводит к увеличению опасного UV-B излучения на 13%, что в свою очередь провоцирует рост числа заболеваний раком кожи разного типа теоретически на 20 – 30%.


SUN
UV-A
UV-B
UV-C
Ozone Layer
5% UV-A Absorbed
95% UV-B Absorbed
100% UV-C Absorbed
EARTH

UV-B излучение

- . составляет всего лишь 2% полного солнечного излучения, причём далеко не всё оно доходит до земной поверхности, однако именно это излучение определяет загар, вызывает рак кожи, ухудшение зрения.
- UV-B излучение повреждает молекулы ДНК, снижает скорость деления и, в конце концов, приводит к их гибели

- Для человечества важно и то, что повышение UV-B излучения пагубно для всего живого мира и прежде всего – океанического фитопланктона, который составляет начальное звено в природной цепи питания.

Свойства молекулы озона

- Энергия связи атомов в молекуле озона составляет 23, 9 ккал на моль, что в пять раз меньше, чем в молекуле кислорода.
- Это приводит к тому, что молекула озона разваливается под действием даже видимого солнечного излучения.

- Озон в стратосфере образуется в результате <u>фотохимической диссоциации молекулярного кислорода</u> под воздействием солнечной радиации с длиной волны $h\lambda \leq 240$ nm
- $$O_2 + h\lambda \rightarrow O + O^*$$
  - $$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M^*$$
  $$O_3 + h\lambda \rightarrow O + O_2$$
- где *M* - любая молекула (обычно азота или кислорода), уносящая из реакции избыток энергии.
- *Реакция была открыта в 1930 г. Сиднеем Чепманом*

Разложение озона

$$O + O_3 = 2\,O_2$$

Циклические процессы разрушения озона

Азотный цикл

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

$$\underline{O + NO_2 \rightarrow NO + O_2}$$

$$O + O_3 = 2\,O_2$$

- Опасность представляют только образующиеся непосредственно в стратосфере оксид и диоксид азота.
- Из тропосферы они не доходят из-за малого срока жизни.
- Исключение гемиоксид азота N_2O

Хлорный цикл

$$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$$
$$\underline{ClO + O \rightarrow Cl + O_2}$$

$$O + O_3 = 2\,O_2$$

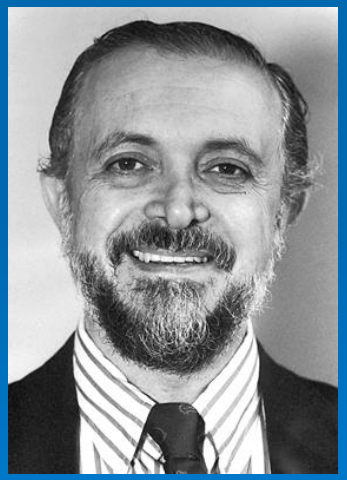
Один атом хлора может разрушить 10^7 молекул озона.

На высоте около 25 км вследствие высокой интенсивности солнечной радиации происходит разрушение ХФУ (фреонов) с выделением атомов хлора (Cl) и молекул монооксида хлора (ClO), которые являются более сильными катализаторами процесса разрушения молекул озона, чем оксиды азота

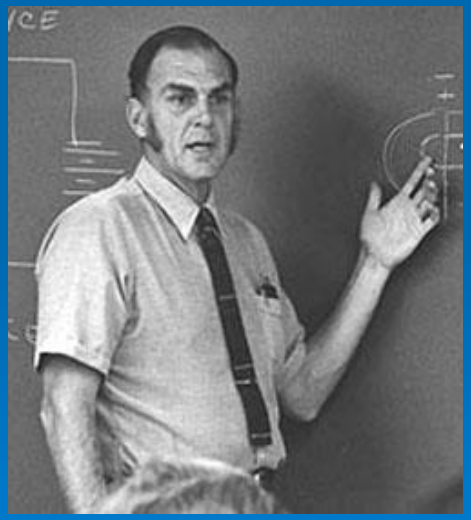
Нобелевская премия по химии вручается с 1901 года

Нобелевская премия по химии, 1995

- «за работу по химии атмосферы, особенно в связи с образованием и разрушением озона».

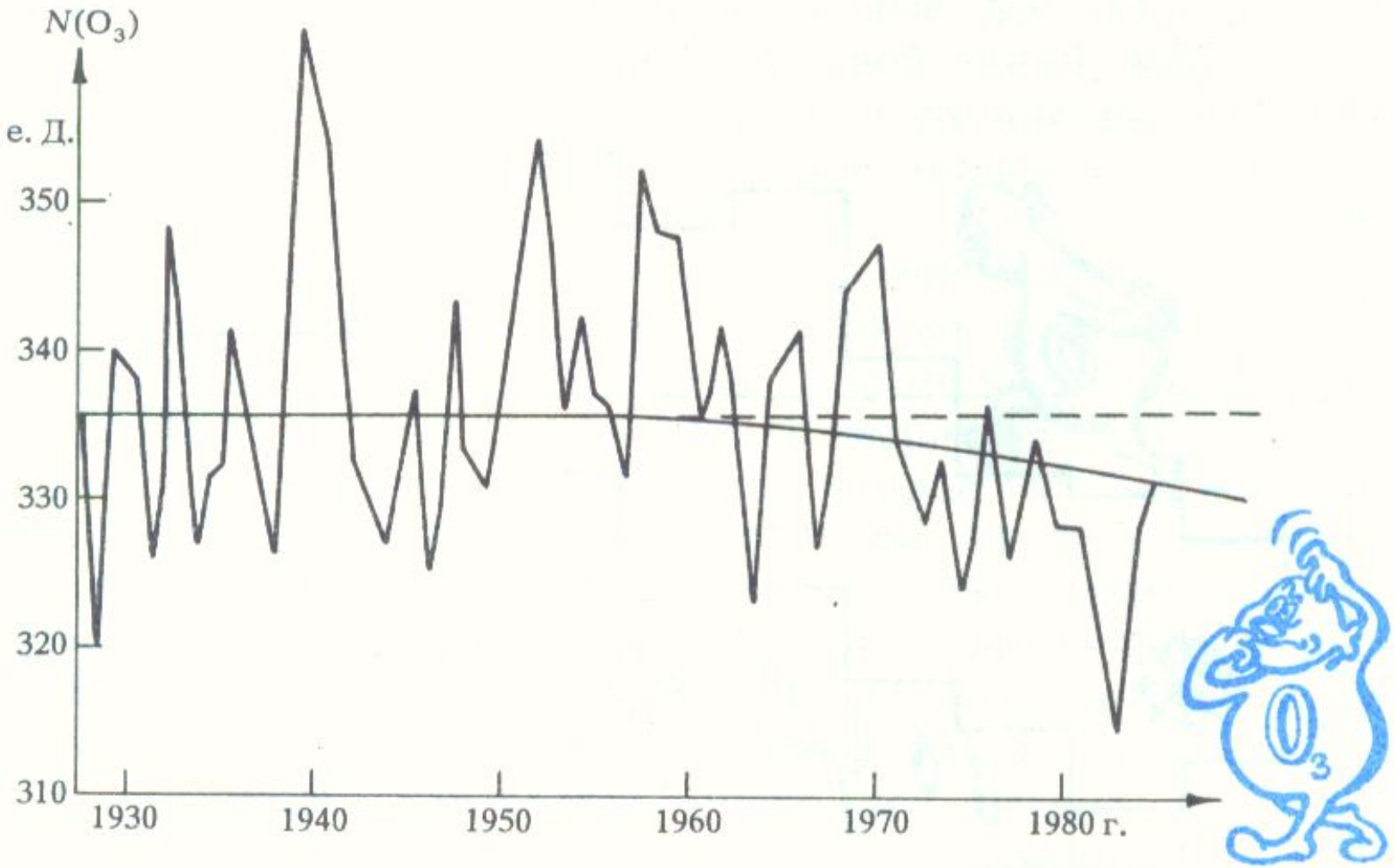


Марио Молина

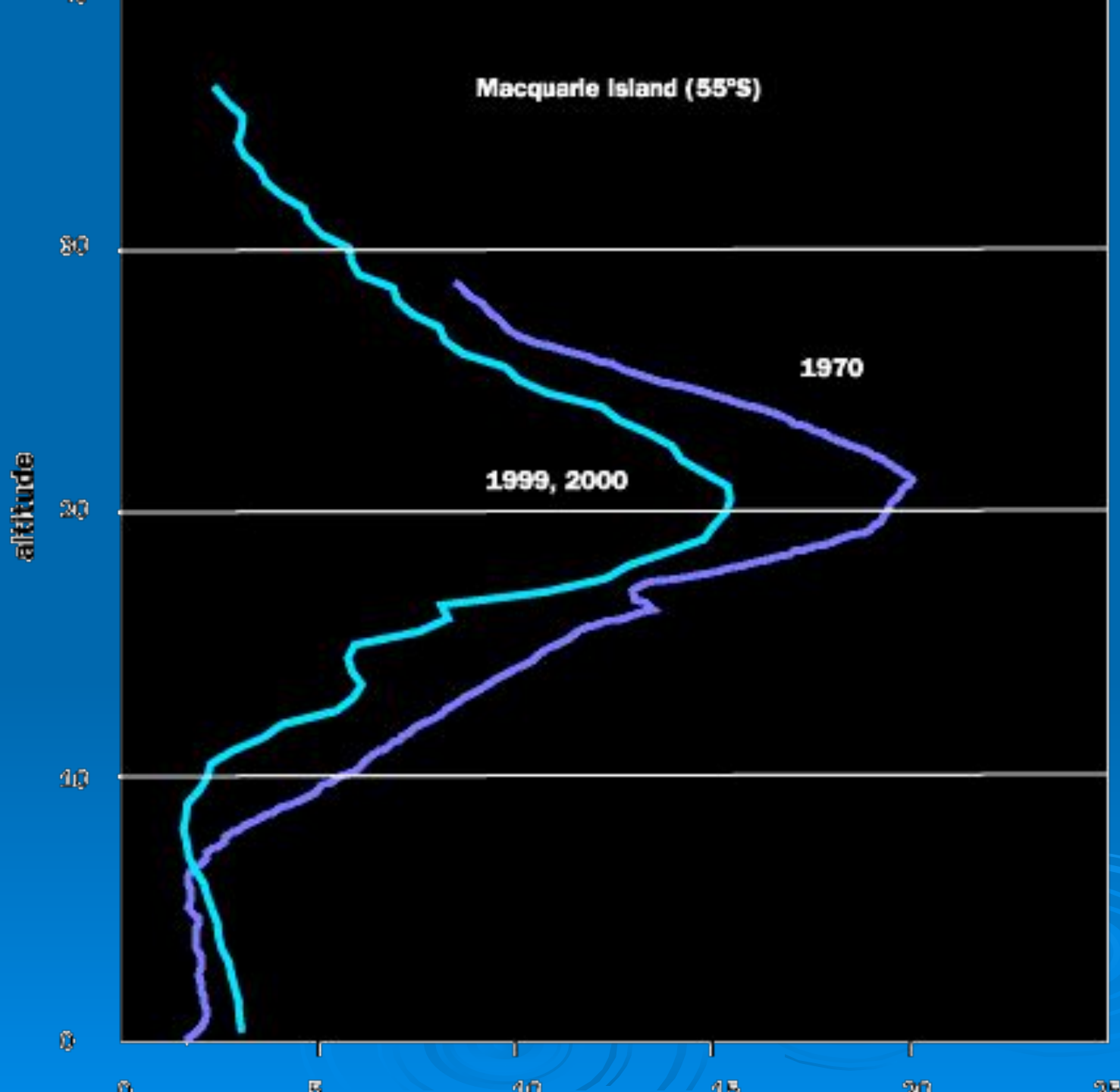


Шервуд Роуленд

Пауль Крутцен



... поиск уменьшения общего количества озона на несколько процентов приходится вести на фоне как регулярных, так и нерегулярных вариаций N (O_3) на десятки процентов...


Macquarie Island (55°S)
1970
1999, 2000
altitude
80
20
10
0

Механизм образования «озоновых дыр»

- **А**нтарктида со всех сторон окружена океаном и ветры могут беспрепятственно циркулировать вокруг континента. Во время зимы вокруг Антарктиды возникает околополюсной вихрь - своеобразная воронка из ветров, которая собирает воздух над Антарктидой и не дает ему смешиваться с остальной атмосферой.

Механизм образования «озоновых дыр»

- **В** стратосфере при температуре ниже -100°С происходит конденсация азотной кислоты, появляющейся в результате взаимодействия окислов азота и воды. Образуются, так называемые, полярные стратосферные облака. Поверхность мельчайших кристаллов этих облаков катализирует реакции высвобождения хлора из фреонов, соляной кислоты и других галогенсодержащих веществ.

Механизм образования «озоновых дыр»

- В темноте антарктической зимы атомы хлора не сразу вступают в цепную реакцию по разрушению озона, а образуют димер оксида хлора.

$Cl + O_3 >> ClO + O_2$;
$ClO + ClO >> ClO\text{-}ClO$.

Механизм образования «озоновых дыр»

- Когда наступает весна, солнечная радиация разрушает накопившийся димер, хлор высвобождается и начинается цепная реакция разрушения озона. Постепенно околополярный вихрь рассеивается и обедненный озоном воздух перемешивается с нормальным - концентрация озона опять повышается.

Использование ХФУ(хлорфторуглеродов)

- охладители в холодильных установках и кондиционерах.
- для производства поролонов и пенопластов - материалов, широко используемых во многих потребительских товарах, начиная от одноразовой пенопластовой посуды и заканчивая изоляционными материалами.
- в баллонах для распыления аэрозолей
- для промывания электрооборудования.

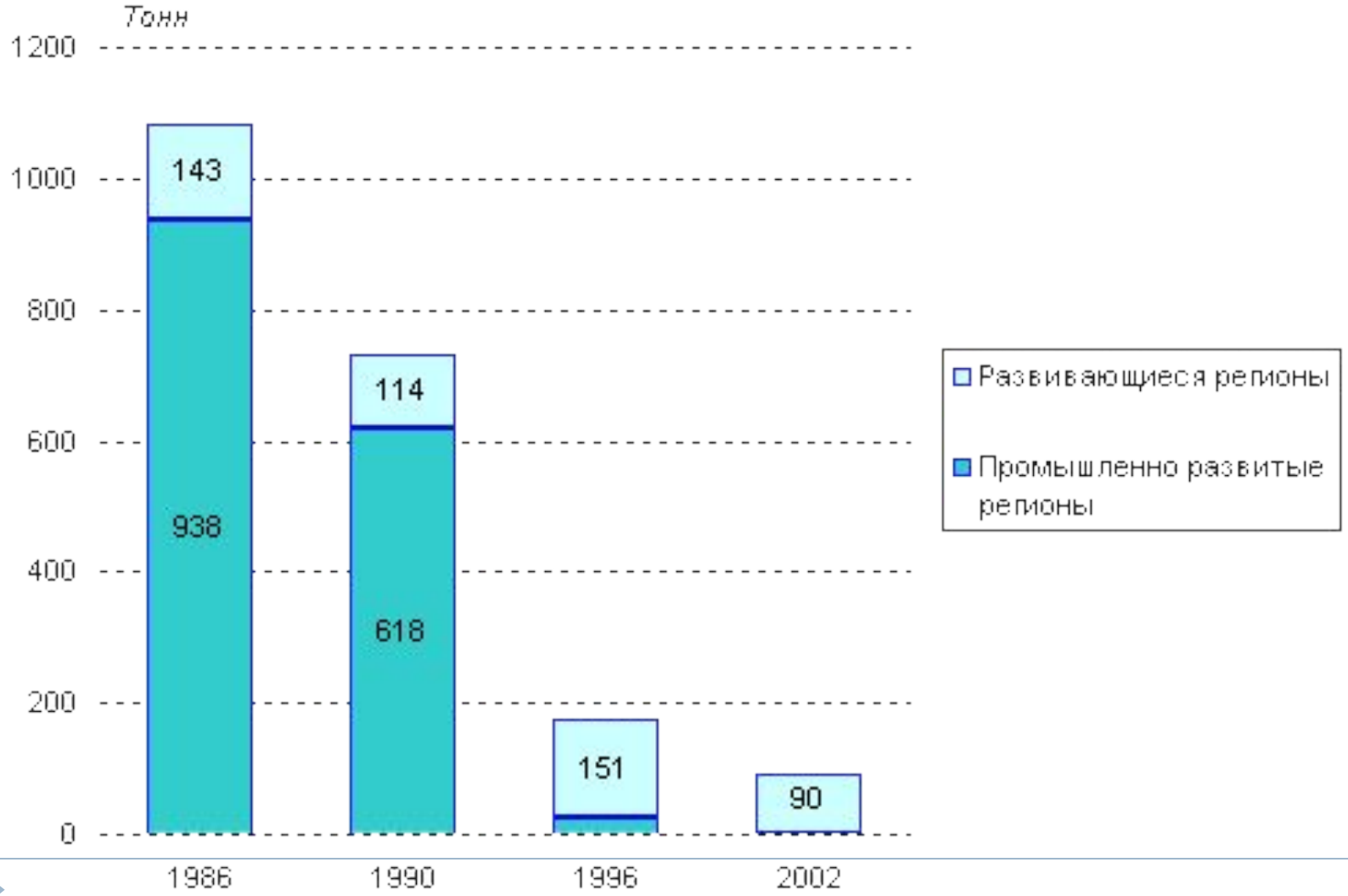
Озоноразрушающий потенциал некоторых веществ (CFC обозначает «хлорфтороуглерод»):

	Разрушающий потенциал	**Продолжительность жизни**
	(усл.ед)	**(лет)**
CFC 11	1,00	75
CFC 12	1,00	111
CFC 114	1,00	185
CFC 115	0,60	380
Метилхлороформ	0,10	7
Четырехлористый углерод	1,06	50
Halon 1211	3,00	25
Halon 1301	10,00	110
Halon 2402	6,00	Не известно

В 1987 года представители 24 стран в Монреале подписали соглашение, по которому обязались сократить вдвое использование озоноразрушающих ХФУ к 1999-му году. Однако в связи с ухудшающейся ситуацией в 1990-м году в Лондоне были приняты поправки к Монреальскому протоколу.

Согласно Лондонским поправкам в список регулируемых ХФУ вошли еще 10 веществ и было принято решение прекратить использование ХФУ, галогенов и четыреххлористого углерода к 2000-х тысячному, а метилхлороформа - к 2005-му году

В Монреале была принята система, по которой озоноразрушающие вещества подразделялись по следующим критериям:

- способность разрушать озон
- продолжительность их жизни

Потребление хлорфторуглеродов, тысяч тонн озоноразрушающего потенциала